پژوهشهای چینه نگاری و رسوب شناسی
سال بیست و هفتم - شماره پیاپی ۴۳ - شماره دوم - تابستان ۱۳۹۰
تاریخ وصول: ۹۰/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۷
صص ۱۰۴-۸۷

معرفی گونه *Metopaster parkinsoni* Forbes, 1848، از خانواده گنیاستریده (ستاره‌های دریایی) در توالیهای کرتاسه شمال خاور ایران و بررسی اولین فرآیندهای بیواستراتینومیکی بر روی آن

عباس قادری، *دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد* *
علیرضا عاشوری، *استاد، گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد*
لوئیس ویلیر، *استاد، دانشگاه پروونس، مارسی فرانسه*

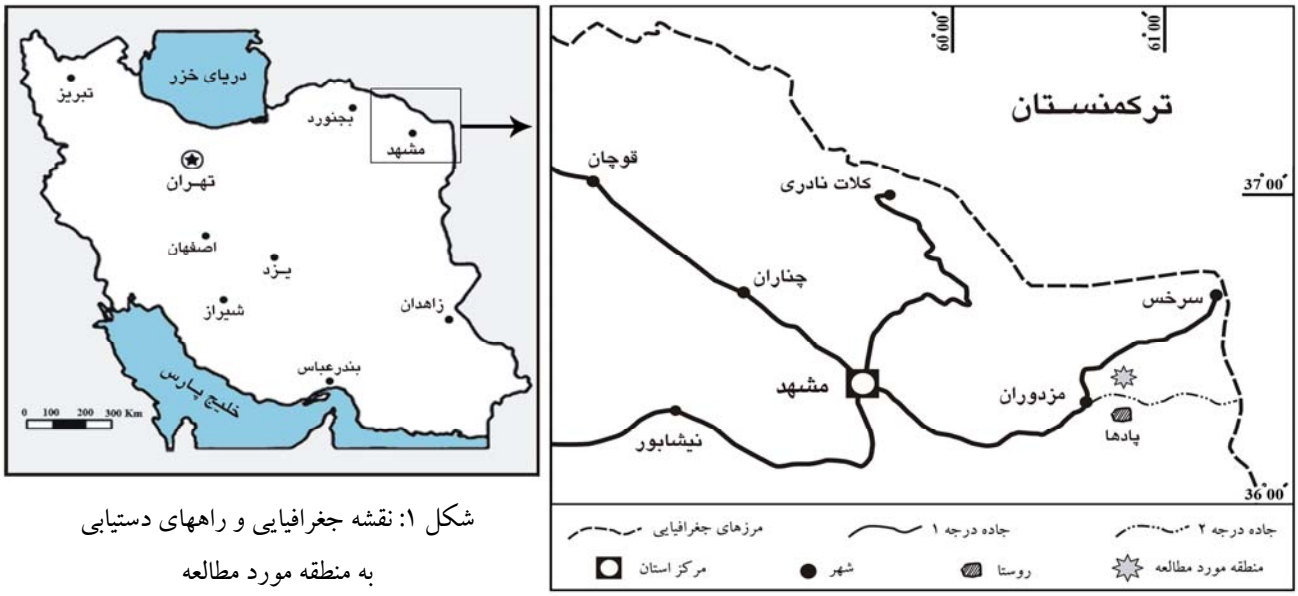
چکیده
آستروئیدها (گروهی از ستاره‌های دریایی) بخش مهمی از فونای بنتیک دریایی را از زمان اردویسین تا عهد حاضر به خود اختصاص داده و اوسیکل‌های منفرد آنها در بسیاری از نهشته‌های دریایی به ویژه در زمان کرتاسه پسین مشاهده شده‌اند. با این حال تاکنون گزارش منتشر شده‌ای از این فسیل‌ها در توالی‌های کرتاسه پسین ایران ارائه نشده است. نمونه شناسایی شده در این پژوهش متعلق به گونه *Metopaster parkinsoni* از خانواده گنیاستریده و راسته والواتیدا است که برای اولین بار از ایران و آسیا معرفی می‌شود و اهمیت آن از این جهت است که گونه حاضر، خاوری ترین نمونه گزارش شده در حوضه تتیس است. این نمونه از دومین واحد سنگ آهک گل سفیدی سازند آب‌دراز در برش پادها، خاور حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال خاوری ایران به دست آمده است. حفظ شدگی خوب آن باعث شده تا تمامی پارامترهای مؤثر در تعیین گونه نظیر شکل، اندازه، تعداد، میزان کشیدگی و تزئینات اوسیکل‌های مارژینال و نیز میزان زاویه اوسیکولار آن قابل مشاهده، بررسی و اندازه‌گیری باشد. علاوه بر این، خراش‌هایی متعلق به اثر گاز گرفته شدن بدن این آستروئید توسط جانوران شکارگر یا لاشه‌خوار دریایی کرتاسه پسین نیز بر روی سطح اوسیکل‌های مارژینال مشهود است که نشان دهنده اولین آثار فرآیندهای بیواستراتینومیکی به هنگام مرگ و اندکی پس از مرگ جانور پیش از تدفین نهایی است. گونه *M. parkinsoni* پیش‌تر در بسیاری از نقاط دنیا به ویژه سنگ آهک‌های گل سفیدی حوضه پاریس و انگلستان (سازند سیفورد) شناسایی و بیشترین فراوانی آن از بیوزون ماکروفسیلی *Micraster coranguinum* که دربردارنده مرز اشکوب‌های کنیاسین ـ سانتونین می‌باشد معرفی شده است. دومین واحد سنگ آهک گل سفیدی سازند آب‌دراز در برش پادها نیز که نمونه مذکور از آن شناسایی شده است، همانند سازند سیفورد انگلستان مرز اشکوب‌های کنیاسین ـ سانتونین را در خود جای داده است.

واژه‌های کلیدی: سازند آب‌دراز، کرتاسه پسین، بیواستراتینومی، آستروئید، گونه *Metopaster parkinsoni*.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۵۰۲۸۸۵۹
Email: abbas.ghaderi@gmail.com

مقدمه

پهنهٔ ساختاری ـ رسوبی کپه‌داغ با راستای شمال باختری ـ جنوب خاوری، از خاور دریای خزر آغاز و پس از عبور از ترکمنستان و ایران، وارد خاک افغانستان می‌شود (افشارحرب، ۱۳۷۳). وسعت این حوضه در حدود ۵۵۰۰ کیلومتر مربع بوده و تقریباً ۳/۳ درصد از مساحت کل ایران را شامل می‌شود. در این پژوهش برشی از سازند آب‌دراز در شمال روستای پادها در سوی خاوری حوضه کپه‌داغ مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱). این سازند مشتمل بر تناوبی از شیل‌های خاکستری روشن، مارن و سنگ‌آهک گل سفیدی به رنگ سفید مایل به خاکستری حاوی فسیل دوکفه‌ای‌های اینوسرامید، آمونیت و خارپوست است. در گذشته مطالعات بسیاری بر روی سازند آب‌دراز در نقاط مختلف حوضه کپه‌داغ صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به مطالعات بلوری مقدم (۱۳۷۵)، وحیدی‌نیا و آریایی (۱۳۷۷ و ۱۳۷۹)، علامه و آریایی (۱۳۸۰)، فروغی و همکاران (۱۳۸۳)، علامه و همکاران (۱۳۸۶)، شفیعی اردستانی و همکاران (۱۳۸۷)، خالقی‌خبازان (۱۳۸۸)، وحدتی راد و وحیدی‌نیا (۱۳۸۸) و فاتح بهاری (۱۳۸۹) اشاره کرد. در این مطالعات که عمدتاً بر روی پالینومورف‌ها، روزن‌داران و خارپوستان این سازند انجام شده است، سن سازندآب‌دراز از تورونین پیشین تا اوایل کامپانین گزارش شده است.



شکل ۱: نقشه جغرافیایی و راههای دستیابی به منطقه مورد مطالعه

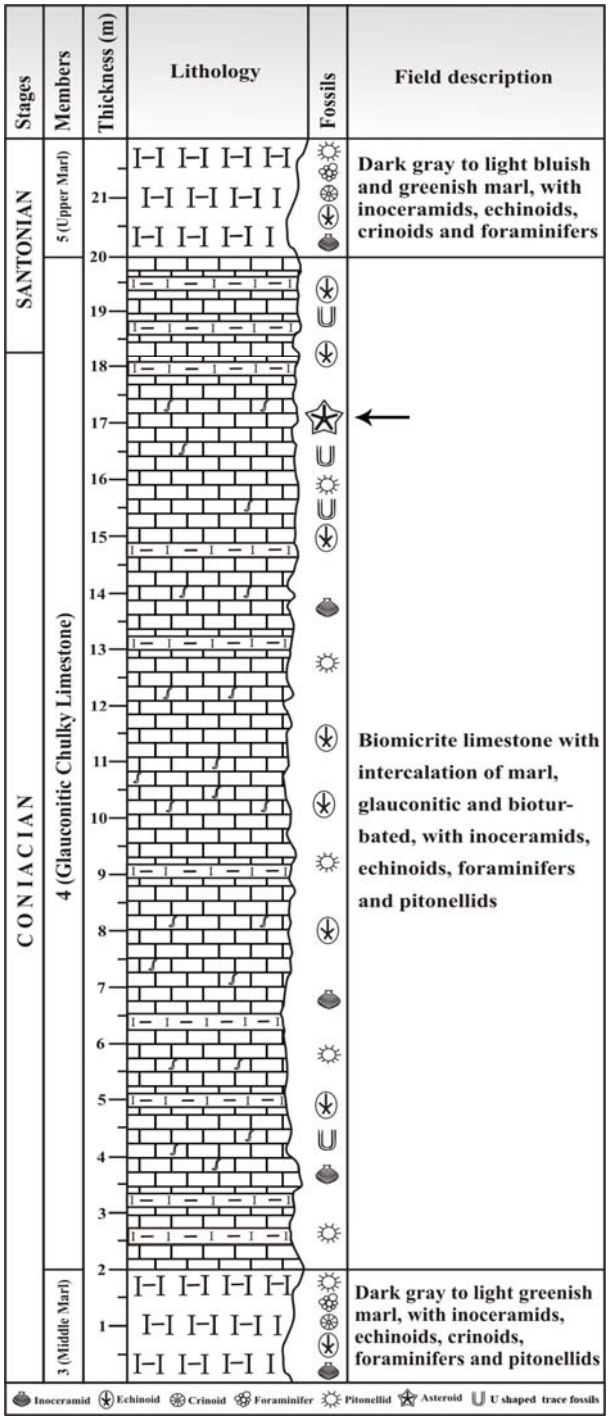
افشار حرب (۱۳۷۳) ضخامت سازند آب‌دراز را در محل برش الگو ۱۸۸ متر و شفیعی اردستانی و همکاران (۱۳۸۷) حدود ۳۰۰ متر معرفی کرده‌اند. به باور افشار حرب (۱۳۷۳) تعداد واحدهای سنگ آهک گل سفیدی این سازند در برش الگو سه واحد است در حالی که ستون چینه شناسی ترسیم شده توسط شفیعی اردستانی و همکاران (۱۳۸۷) تنها به دو واحد اشاره دارد.

بلـوری مقـدم (۱۳۷۵)، ضـخامت کلـی سـازند آب‌دراز در برش پادهـا را ۱۸۰ متـر و خـالقی خبـازان(۱۳۸۸) ۵۱۸ متـر گزارش نموده و چهار واحد سنگ آهک گل سـفیدی نیـز در آن معرفی کرده‌اند. فـاتح بهـاری (۱۳۸۹) نیـز ضـخامت این سازند در برش پادها را ۶۴۰ متر دانسته است.

مطالعات جدیدی که بر روی برش پادها توسط نگارنـدگان این مقاله در حال انجام است، حاکی از وجود تنها سه واحد سنگ آهـک گـل سـفیدی در سـازند آب‌دراز و ضـخامت کلی در حدود ۳۴۰ متر است. در بخشـی از ایـن مطالعـات، تنها نمونه فسیل ستاره دریایی از دومین واحد سنگ آهـک گل سفیدی گلوکونیت‌دار سازند آب‌دراز در برش مـذکور به دست آمده است. این واحد با ۱۸ متـر ضـخامت بـه طـور عمده شامل سنگ آهک‌های بیومیکریتی با میـان لایـه‌هـای مارنی اسـت. کـاهش فراوانـی جنسـهای Calcispherula و Pithonella، افـزایش ضـخامت دیـواره آهکـی صـدف موجودات، فراوانی زیـاد اکینوئیـد و اینوسـراموس بـا ابعـاد نسبتاً بزرگ، خردشدگی زیاد فسیل‌هـا، آثـار بیوتوربیشـن و درهـم ریختگـی زیـاد، وجـود لامیناسـیونهایی از طبقـات پُرفسیل و کم فسیل و گاهی نیز وجود گرهکهای آهکـی از ویژگی‌های قابل توجـه ایـن واحـد اسـت. ایکنوفسـیل‌هـای U شکل نیز گاهی در این واحد دیـده مـی‌شـوند (شـکل۲). بنابر مطالعات انجام شده توسـط خالقی خـبازان (۱۳۸۸) بـر روی بـرش پادهـا کـه بـر اسـاس روزن‌داران پلانکتونیـک صورت گرفته است، مرز کنیاسین ـ سانتونین در ایـن واحـد سنگ آهک گل سفیدی جای دارد.

روش مطالعه

پس از انجام مطالعات صحرایی و جسـت‌وجـو بـرای یـافتن نمونه‌های ماکروفسیلی در سنگ آهـک‌هـای گـل سـفیدی سازندآب‌دراز که به یافتن گونه *Metopaster parkinsoni* منجـر شـد، نمونـه بـه آزمایشـگاه منتقـل و بـرای درک و شناخـت بهـتر ویژگـی‌هـای ظاهـــری و تزیـینات ســطحی آن مورد شست‌وشو قرارگـــرفت. سپـس به روش مکـانیکی و به کمک سـوزن ظریـف مخصـوص، برخـی از رسـوبات سطحی نرمتر آن زدوده شـد. در ادامـه بـرای رفع برخـی از رسوبات سطحی محکم‌تر، از تکنیـک حمـام اولتراسـونیک استفاده شد. در این روش نمونه بـه مـدت پـنج سـاعت و بـه طـــور غیرممتـــد در آب دیـــونیزه حمـــام اولتراســـونیک Fungilab مدل UE06SFD قرار داده شد و تحت برخـورد امواج صوتی با فرکانس ۴۰/۵۹ کیلوهرتز قرار گرفت که به گسست پیوندها در بین رسوبات سطحی و حذف بسیاری از آنهـا منجـر شـد. درنهایـت بـا بـه کـارگیری مجـدد روش مکـانیکی و حـذف برخـی از رسـوبات سـطحی باقیمانـده، نمونه مورد شناسایی نهایی قرار گرفت.



شکل ۲- ستون چینه شناسی بخش میانی سازند آب‌دراز در برش پادها و موقعیت عضو سنگ آهک گل سفیدی میانی (عضو ٤) که گونه *Metopaster parkinsoni* از آن به دست آمده است (جایگاه مرز کنیاسین ـ سانتونین از نوشته خالقی خبازان (۱۳۸۸) گرفته شده است).

بحث

در این پژوهش گونه *M. parkinsoni* از ستاره‌های دریایی (آستروئیدها) خانواده گنیاستریده برای اولین بار از توالیهای کرتاسه پسین ایران و آسیا معرفی و توصیف سیستماتیک آن به طور کامل و با جزئیات دقیق ارائه می‌شود. اهمیت این معرفی به این دلیل است که مقاله حاضر معرفی خاوری ترین نمونه یافت شده از گونه *M. parkinsoni* در حوضه تتیس است. خاوری‌ترین نمونه از این گونه که تا پیش از این در حوضه تتیس معرفی شده بود، به کشور اوکراین (Ginda 1969) مربوط می‌شد در حالی که نمونه مورد بحث در مقاله حاضر، گزارش جدیدی از این گونه و در فاصله ۳۲۵۰ کیلومتر دورتر از گزارش Ginda است. اهمیت این مطلب وقتی بیشتر می‌شود که با گزارش این گونه در حوضه کپه‌داغ، گستره حضور و مهاجرت گونه *M. parkinsoni* بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر به سوی مناطق خاوری حوضه تتیس افزایش می‌یابد.

به طور کل رده بندی و معرفی جنس و گونه‌های آستروئیدها بر اساس شکل، اندازه، تعداد، میزان کشیدگی و تزئینات اوسیکل‌های مارژینال و نیز میزان زاویه اوسیکولار انجام می‌شود (Blake 1987).

رده بندی ترتیبی و توصیفی گونه *M. parkinsoni*

Phylum: Echinodermata Klein 1734

Phylum: Asterozoa Zittel 1895

Class: Stelleroidea Lamarck 1816

Superorder Surculifera Gale 1987

Order Valvatida Perrier 1884

Sub order: Granulosina Perrier 1884

Family Goniasteridae Forbes 1841

توصیف: این خانواده با شکل‌های پنج وجهی تا ستاره‌ای با بازوهای باریک و بخش دیسک مانند مرکزی وسیع مشخص می‌شود. دارای مارژینال برجسته و مشخص بوده و صفحات هر دو سطح زیرین و بالایی در ارتباط نزدیک با یکدیگرند. سطح زیرین یکنواخت، مسطح و گاهی پاکزیلیفرم، واجد یا فاقد خار یا گرانول و در برخی جنس‌ها به حالت متورم و باد کرده است. پدیکلاریا در این خانواده به حالت حفره حفره و و یا سوپاپ مانند دیده می‌شود. فسیل‌های این خانواده از ژوراسیک پیشین تا عهد حاضر دیده می‌شوند.

ملاحظات: هنوز روندهای تکاملی و رده بندی بسیاری از جنس‌های مزوزوئیک این خانواده نامشخص و توصیف نشده‌اند. از فرم‌های سنوزوئیک نیز تعداد اندکی با جزئیات توصیف شده و لذا برقراری ارتباط فیلوژنتیکی بین فرم‌های مزوزوئیک تا عهد حاضر سخت و پیچیده است. به همین دلیل اغلب فرم‌های شناخته شده در غالب زیرخانواده‌های متعدد نام‌گذاری و رده بندی شده‌اند.

Subfamily Goniasterinae Forbes 1841

توصیف: فسیلهای این زیرخانواده در شکل‌های متنوع از پنج‌وجهی منظم تا فرم‌های ستاره‌ای با بازوهای طویل دیده می‌شوند. با این حال، تمامی جنس‌ها دارای مارژینال مشخص و نسبتاً درشتی هستند که به سمت انتهای هر بازو اندکی به سمت داخل فرورفته و قوسی شکل می‌شود. ناحیه مرکزی اندکی بالا آمده و متورم با سطح نرم و صاف و گاهی دانه‌دار (Granulate) است. سطح زیرین یکنواخت و صاف و یا دانه‌دار و پُرزدار (Papillate) است و ممکن است در برخی موارد پُرزها به زوائد زگیل مانندی (Tubercle) تبدیل شده باشند. مهمترین ویژگی فسیل‌های این زیرخانواده که منجر به معرفی جنس‌ها و گونه‌های

مختلف آن می‌شود قرارگیری معادل یک اوسیکل سوپرومارژینال انتهایی کشیده و توسعه یافته (Ultimate superomarginal) در مجاورت چند اوسیکل اینفرومارژینال (حداکثر ۷ اوسیکل) است که بر مبنای اندازه، تعداد و میزان کشیدگی این اوسیکل سوپرومارژینال، جنس‌های مختلف این زیرخانواده از یکدیگر تفکیک می گردند. فسیل‌های این زیر خانواده از کرتاسه پسین تا عهد حاضر دیده می‌شوند.

Genus *Metopaster* Sladen 1893

[= *Mitraster* Sladen 1893; *Spenceria* Fourtau 1914; *Dictydaster* Mercier 1935; *Ravniaster* Brünnich Nielsen 1943]

توصیف: پنج وجهی با بازوهای نوک تیز و به ندرت دارای بازوهای باریک، دارای مارژینال وسیع (۲ تا ۶ اوسیکل مارژینال در نیم قوس ردیف بالایی) که خود از دو ردیف اوسیکل‌های حاشیه‌ای درشت، اندک و متصل به هم اینفرومارژینال (ردیف زیرین) و سوپرومارژینال (ردیف بالایی) تشکیل شده است. تعداد اوسیکل‌ها در هرگونه خاص نسبتاً ثابت است. انتهایی ترین اوسیکل‌های سوپرومارژینال (در ردیف بالایی) در هر بازو مثلثی شکل بوده و با ۲ تا ۷ اوسیکل کوچک اینفرومارژینال در ردیف زیرین مرتبط هستند. هر اوسیکل مارژینال یک نوارحاشیه‌ای مشخص و اندکی تورفته در پیرامون خود دارد که بعضاً تزئینات بسیار ظریفی از خراش‌های متعلق به ضمائم مو مانند (Setae) را نشان می‌دهند. ناحیه مرکزی اوسیکل‌های مارژینال با فرورفتگی‌های کوچک دایره‌ای شکلی پوشیده شده، در برخی موارد صاف و نرم است و گاهی دربردارنده خارهای دانه‌ای شکل کوتاهی است که بعضاً به چین و چروک‌ها یا پشته‌های بالا آمده‌ای تبدیل می‌شوند.

ملاحظات: جنس Metopaster معروفترین آستروئید سنگ آهک‌های گل سفیدی کرتاسه پسین است. این جنس شباهت بسیاری به آستروئیدهای عهد حاضر Tosia و Pentagonaster دارد که ساکن آب‌های کم عمق استرالیا و جنوب شرق آسیا هستند. این جنس در میان رکوردهای فسیلی مشابه بیشترین قرابت را با جنس Recurvaster که متعلق به کامپانین ـ ماستریشتین است دارد. جنس Recurvaster از دیدگاه تکاملی از جنس Metopaster مشتق شده است. تنها تفاوت متمایز کننده این دو جنس از یکدیگر، تعداد برابر اوسیکل‌های اینفرومارژینال و سوپرومارژینال در جنس Recurvaster است ضمن این که جنس Recurvaster فاقد اوسیکل سوپرومارژینال توسعه یافته در پایانه انتهایی بازوها است (Gale 1987a).

انتشار جغرافیایی: جنس Metopaster برای اولین بار در طبقات آلبین پسین جنوب انگلستان (گرینسند بالایی، دِوون) ظاهر شده، اما تا زمان تورونین پسین عمومیت چندانی در محیط‌های دریایی قدیمه نداشته است. در این زمان با ظهور و گسترش چشمگیر گونه *M. parkinsoni* فراوانی فسیل‌های متعلق به این جنس تا کامپانین پسین افزایش می‌یابد. در فاصله زمانی تورونین پسین تا کامپانین پیشین، گونه‌های بسیاری از جنس Metopaster و گونه *M. parkinsoni* مشتق می‌شوند (Gale 1987a). هر یک از این گونه‌ها به واسطهٔ ویژگی‌هایی نظیر شکل بدنی، تعداد و تزیینات اوسیکل‌های مارژینال خود شناخته می‌شوند. جنس Metopaster در زمان کامپانین که به حداکثر تنوع و فراوانی خود می‌رسد، از ناحیه دِوون در اروپا تا اوکراین و از اسپانیا تا جنوب سوئد گسترش می‌یابد (Gale 1989). تاکنون بیش از ۲۵ گونه مختلف از این جنس شناسایی شده (Jagt 2000) که برخی از آنها هنوز توصیف نشده‌اند. با این حال هر رخساره دریایی در کرتاسه پسین می‌تواند مجموعه بومی و محلی

کوچکی از گونه‌های منحصر به فرد Metopaster داشته باشد که با شماری از گونه‌های جهان‌گستر ***M. parkinsoni*** همراهند.

توضیح: از آن جا که مارژینال در گونه‌های مختلف جنس Metopaster شکل‌های مشخص و منحصر به فردی دارد، کنار هم قرار دادن اوسیکل‌های نابرجای منفرد و آزاد شده در حوضه رسوبی و بازسازی آناتومی اصلی آستروئید اولیه امکان پذیر است (Gale 1989).

Species *Metopaster parkinsoni* Forbes 1848

(Fig. 3)

[= *Goniaster parkinsoni* Forbes 1848; *Metopaster parkinsoni* Wright and Wright 1940; *Metopaster (Goniaster) parkinsoni* Rasmussen (1950); *Metopaster parkinsoni* Spencer and Wright (1966); *Metopaster parkinsoni* Breton (1978, 1985, 1986, 1992, 1997); *Metopaster parkinsoni* Schulz and Weitschat (1981); *Metopaster parkinsoni* Gale (1987a, 1989); *Metopaster parkinsoni* Smith et al. (1988); *Metopaster parkinsoni* Lewis (1993); *Metopaster parkinsoni* Helm (1997); *Metopaster parkinsoni* Villier (1995, 2001); *Metopaster parkinsoni* Villier and Odin (2001)]

توصیف: پنج وجهی با بازوهای اندکی نوک تیز، دارای ۳ بازوی سالم (دو بازوی کاملاً مشخص و یک بازوی پوشیده با رسوب)، مارژینال وسیع همراه با ۶ اوسیکل سوپرومارژینال (sm) در نیم قوس ردیف بالایی و۶ اوسیکل اینفرومارژینال (im) در نیم قوس ردیف پایینی، دارای یک اوسیکل سوپرومارژینال توسعه یافته (Ultimate superomarginal=usm) در انتهای هر قوس بازو که معادل با ۳ اوسیکل اینفرومارژینال در سطح زیرین است. ناحیه مرکزی (Central area=ca) در سطح برخی از اوسیکل‌ها حاوی فرورفتگی‌های دایره‌ای کوچکی (p) است در حالی که سطح برخی دیگر از آنها نامشخص بوده و فاقد طرح مشخصی از حفرات ریز است. نوار حاشیه‌ای فشرده و تورفته‌ای (dr) در پیرامون برخی از اوسیکل‌های مارژینال کاملاً مشخص و آشکار است و در عین حال فاقد تزیینات ظریف مو مانند (Setae) می‌باشد. در محدوده نزدیک به انتهای هر بازو و در مجاورت اوسیکل‌های اینفرومارژینال محل اتصال در سطح زیرین، آثاری از اوسیکل‌های اَدآمبولاکرال کوچک میانی (ao) دیده می‌شود که در محدودهٔ زیر اوسیکل سوپرومارژینال توسعه یافته در دو ردیف متقارن آرایش یافته‌اند. قدری پایین‌تر و در محدودهٔ مرکزی فسیل، این اوسیکل‌های کوچک آرایش چند ردیفی پیدا می‌کنند. طول اوسیکل‌های مارژینال میانی ۶ تا ۷ میلی‌متر و عرض آنها کمتر از ۵ میلی‌متر است. قاعده انتهایی‌ترین اوسیکل اینفرومارژینال مثلثی شکل ۲/۵ میلی‌متر و ارتفاع قائم آن نیز ۳/۵ میلی‌متر است. میزان زاویه اوسیکولار نیز در گونه حاضر ۵۲ درجه اندازه‌گیری شده است. محل اتصال پایانی این نمونه به دلیل فشارهای دیاژنتیکی وارده اندکی از حالت طبیعی خود خارج شده و حفظ شدگی خوبی نشان نمی‌دهد (شکل ۳).

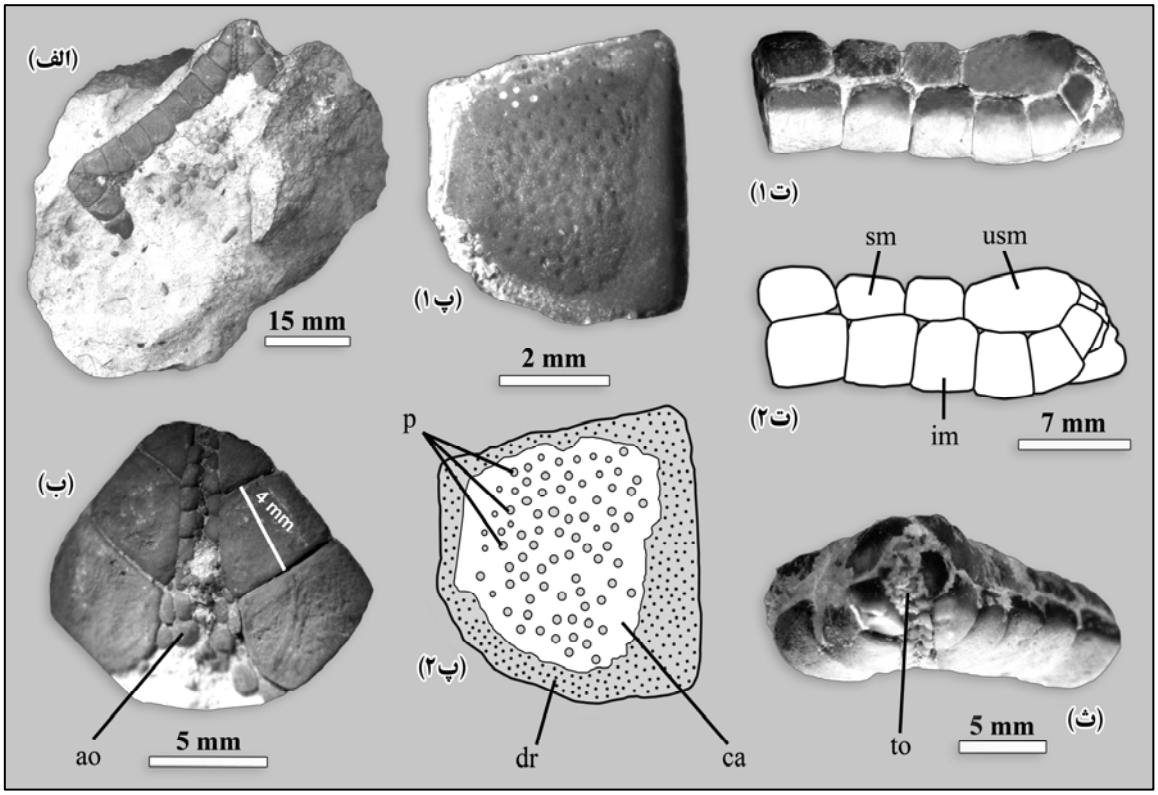
ملاحظات: گونه ***M. parkinsoni*** همانند دیگر گونه‌های جنس Metopaster دارای یک اوسیکل سوپرومارژینال توسعه یافته در دو پایانهٔ انتهایی هر یک از پنج وجه مارژینال است. اندازه، کشیدگی و میزان برابری آن با اوسیکل‌های اینفرومارژینال معادل به شناسایی و تفکیک آن از جنس‌های مشابهی همچون Recurvatus و Crateraster کمک می‌نماید (شکل ۴). همان طور که در شکل (۴ الف) دیده می‌شود، انتهای بازوها در گونه *M. parkinsoni* به دست آمده از سازند آب‌دراز کاملاً افقی و

در راستای مشابه با دیگر اوسیکلهای مارژینال است، اما در گونه *R. blackmorei* که شباهت بسیاری نیز به *M. parkinsoni* دارد، انتهای بازوها به بالا برگشته است (شکل ۴ ب)، ضمن این که اوسیکل سوپرومارژینال انتهایی نیز دیده نمی‌شود. پهنا، تزیینات و آرایش منطقه مرکزی هر اوسیکل نیز در گونه‌های مختلف متفاوت است. علاوه بر آن، همانند گونه *M. hunter* هیچ نوع چین و چروک و برآمدگی (Rugosity) در سطح اوسیکل‌های سوپرومارژینال گونه *M. parkinsoni* دیده نمی‌شود. ضمناً هیچ گونه شیاری نیز در سطح منطقه مرکزی اوسیکل‌های آن دیده نمی‌شود و از این جهت به گونه *M. uncatus* شباهت دارد.

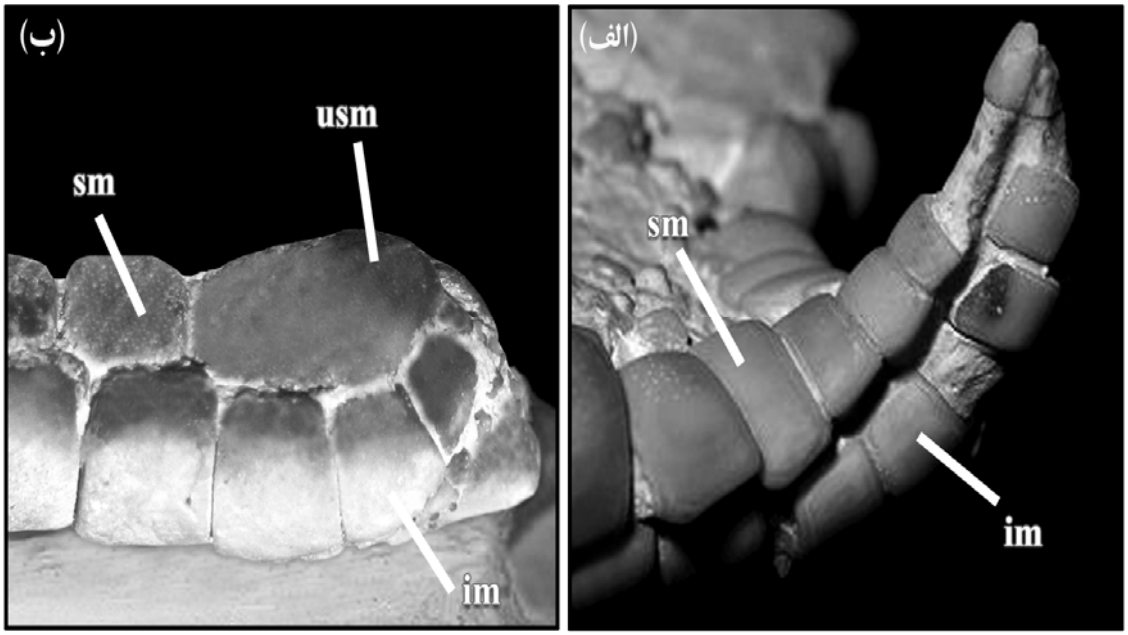
گونه یافت شده از سازند آب‌دراز از حفظ شدگی خوبی در قیاس با نمونه‌های مشابه برخوردار بوده و تمامی اوسیکل‌های مارژینال آن به یکدیگر متصل هستند در حالی که بسیاری از گونه‌های یافت شده مشابه در حوضه‌های پاریس و انگلستان، اوسیکل‌های منفرد و جدا از هم بوده و طی مطالعات آزمایشگاهی در کنار یکدیگر قرار گرفته و طرح کلی آنها ترسیم و شناسایی شده‌اند. متأسفانه این نمونه تنها شامل ۳ بازوی سالم است و دو بازوی دیگر آن دیده نمی‌شود.

انتشار جغرافیایی: این گونه معروفترین فسیل ستاره دریایی در سنگ آهک‌های گل سفیدی کرتاسه پسین دنیا و تنها فرم دارای گسترش جهانی از جنس *Metopaster* بوده و از نقاط مختلفی چون حوضه پاریس (Breton 1981, 1992)، دانمارک (Brünnich Nielsen 1943)، انگلستان (Sladen 1893)، آلمان (Kühndahl 2004)، اوکراین (Ginda 1969) و بسیاری از مناطق دیگر اروپا همراه با گونه‌های محلی و بومی معرفی شده است (برای مثال: Cottreau 1937؛ Breton 1979, 1997 ؛ Gale 1987b, 1989؛ Villier 1996؛ Villier et al. 1997). در بین نمونه‌های معرفی شده تاکنون، خاوری‌ترین گزارش مربوط به (Ginda 1969) از کشور اوکراین است. بنابراین، نمونه معرفی شده در این نوشتار از سازند آب‌دراز از دیدگاه زیست جغرافیایی دیرینه نیز از ارزش بسیار بالایی برخوردار است چرا که تنها گزارش گونه *M. parkinsoni* از رسوبات کرتاسه قاره آسیاست و خاوری‌ترین نمونه یافت شده در دنیا را معرفی می‌کند.

بازه زمانی: گونه *M. parkinsoni*، بیشترین فراوانی را در میان آستروئیدهای سازند گل سفیدی سیفورد (Seaford chalk) از گروه گل سفیدی (Chalk group) انگلستان به خود اختصاص می‌دهد. این سازند که دربردارنده بیوزون ماکروفسیلی *Micraster coranguinum* به سن کنیاسین پسین ـ سانتونین پیشین است، مرز اشکوب‌های کنیاسین ـ سانتونین را در خود جای داده است. با این حال، گستره زمانی حضور گونه *M. parkinsoni* به اشکوب‌های کنیاسین ـ سانتونین محدود نشده و در بیشتر محدودهٔ کرتاسهٔ پسین حضور دارد.



شکل۳- نماهای مختلفی از گونه *Metopaster parkinsoni* شناسایی شده از سازند آب‌دراز
الف) نمایی از سطح زیرین فسیل؛ ب) بخش انتهایی بازو در سطح زیرین و موقعیت اوسیکلهای اینفرومارژینال انتهایی همراه با اوسیکلهای اَدآمبولاکرال کوچک میانی در سطح زیرین (ao)؛ پ۱) یک اوسیکل منفرد با نوار حاشیه‌ای و ناحیه مرکزی حفره‌دار؛ پ۲) طرح شماتیکی از شکل (پ۱) که موقعیت نوار حاشیه‌ای (dr)، ناحیه مرکزی (ca) و حفره‌های کوچک ناحیه مرکزی (p) بر روی آن نشان داده شده است؛ ت۱) نمای جانبی از اوسیکلهای اینفرومارژینال و سوپرومارژینال؛ ت۲) طرح شماتیکی از شکل (ت۱) که نشان دهنده نمای جانبی از اوسیکلهای اینفرومارژینال، سوپرومارژینال و اوسیکل سوپرومارژینال انتهایی توسعه یافته در منتهی‌الیه بازو است؛ ث) نمای جانبی از رأس بازو و موقعیت نقطه اتصال دو بازو و اوسیکل پایانی.



شکل ٤- مقایسه‌ای بین انتهای بازوهای گونه *M. parkinsoni* (سازند آب‌دراز ـ ایران؛ همین پژوهش) و گونه *R. blackmorei* (زیرگروه سنگ آهکهای گل سفیدی بالایی ـ انگلستان)
الف) بخش انتهایی بازو در گونه *M. parkinsoni* و موقعیت اوسیکلهای سوپرومارژینال توسعه یافته انتهایی (usm)، اوسیکلهای سوپرومارژینال میانی (sm) و اوسیکلهای اینفرومارژینال (im)؛ ب) بخش انتهایی بازو در گونه *R. blackmorei* و موقعیت اوسیکلهای سوپرومارژینال (sm) و اینفرومارژینال (im)، همان طور که ملاحظه می‌شود اوسیکلهای سوپرومارژینال توسعه یافته انتهایی (usm) وجود ندارند.

کیفیت حفظ شدگی و حوادث تافونومیکی اولیه (بیواستراتینومی)

آستروئیدها (Asteroids) یا ستاره‌های دریایی بخش مهمی از فونای بنتیک دریایی را از زمان اردویسین تا عهد حاضر به خود اختصاص داده (Villier et al. 2004) و اوسیکل‌های منفرد آنها در بسیاری از نهشته‌های دریایی متعلق به دوره‌های پس از اردویسین مشاهده شده‌اند. اسکلت بندی آستروئیدها از مجموعه زیادی از اوسیکل‌های نسبتاً کوچک کنار هم شکل گرفته که به وسیله بافت ماهیچه‌ای بسیار ظریفی به یکدیگر متصل شده‌اند. مطالعه روندهای تافونومیکی که بلافاصله پس از مرگ جاندار و پیش از تدفین نهایی آن صورت می‌گیرد و از آن با عنوان علم بیواستراتینومی یاد می‌شود، نشان می‌دهد که اوسیکل‌های مارژینال و میانی در اثر فساد سریع، تحت تأثیر جریان‌های موجود در حوضه و فعالیت موجودات لاشه‌خوار قرار گرفته و به سرعت از یکدیگر متلاشی می‌شوند. اجساد آستروئیدها تنها زمانی که تحت تأثیر پدیده تدفین سریع و دائمی قرار گیرند می‌توانند از معرض موجودات حفار و نابودی مطلق دور بمانند و فسیل‌های کاملی را بسازند (Goldring and Stephenson 1972). چنین فسیلهای کاملی معمولاً نادرند و لذا کمبود آنها در رکوردهای فسیلی (Spencer and Wright 1966) بیشتر ناشی از پتانسیل حفظ شدگی اندک آنهاست و نه حضور اندکشان در محیط‌های دریایی قدیمه (Gale 1989).

گسترش کاملاً ناپیوسته فسیل‌های آستروئید در رکوردهای چینه شناسی برای بازسازی روندهای تکاملی این موجودات در سطح گونه‌ها مناسب نیست. تنها بر مبنای فسیل‌های به دست آمده از سنگ آهک‌های گل سفیدی کرتاسه پسین در شمال باختر اروپا برخی از روندهای تکاملی در این بازه زمانی تعریف شده‌اند (برای مثال: Gale 1989؛ Neumann 2000). سنگ آهک‌های گل سفیدی معمولاً مواد لازم را برای مطالعه روندهای تکاملی موجودات مختلف فراهم می‌کنند (Smith 2002). ترکیب سنگ‌شناسی یکنواخت سنگ آهک‌های گل سفیدی نشان دهنده رسوب‌گذاری یکنواخت و ممتد در نتیجه شرایط محیطی ثابت و پایدار است. این امر سبب شده تا از گذشته‌های دور سنگ آهک‌های گل سفیدی توالیهای مناسب و آرمانی برای جست‌وجوی ماکروفسیل‌های نادر و تعیین روندهای تکامل نسلی آنها باشند (Smith 2002). به همین دلیل از افق‌های مشخص سنگ آهک‌های گل سفیدی در مناطقی نظیر جنوب انگلستان، نمونه‌های نادر و کاملی از فسیل آستروئیدها با حفظ شدگی بسیار خوب در قرن نوزدهم به دست آمده است (برای مثال: Forbes 1848؛ Sladen 1891, 1893). اغلب این آستروئیدها متعلق به خانواده گنیاستریده (خانواده‌ای با اوسیکلهای ماژینال درشت) می‌باشند. شکل و آرایش اوسیکل‌های مارژینال در این خانواده سبب شده تا (Spencer 1907) در بیش از یکصد سال قبل بتواند گونه‌هایی چند از فسیل‌های این خانواده را تنها از روی شکل مشخص و تزیینات سطحی اوسیکل‌ها شناسایی کند.

یکی از نکات قابل توجه در گونه *M. parkinsoni* یافت شده از سازند آب‌دراز کیفیت حفظ شدگی آن در مقایسه با نمونه‌های مشابه است. بنابر گزارشات متعددی که از آستروئیدهای کرتاسه پسین شمال اروپا موجود است (برای مثال: Jagt 2000؛ Neumann 2000)، بسیاری از نمونه‌های اروپایی تنها اوسیکل‌های منفرد و ایزوله‌ای بوده‌اند که پس از مراحل آماده سازی و شست‌وشوی سنگ آهک‌های گل سفیدی به دست آمده و سپس در آزمایشگاه در کنار یکدیگر مرتب و بازسازی شده‌اند. با وجود از دست دادن دو بازو از ساختمان کلی پنج بازویی، نمونه مورد بحث در

این نوشتار گونه‌ای به نسبت کامل و دارای دو بازوی مشخص و یک بازوی پوشیده با رسوب است که آن را از فرم‌های مشابه متمایز می‌کند. علاوه بر این، بر روی سطح اوسیکل‌های سوپرومارژینال و اینفرومارژینال این نمونه زخم‌ها و آثار خراش مانندی مشاهده می‌شود که ارتباطی با آناتومی اولیه جانور نداشته و حاصل حوادث پس از مرگ آستروئید هستند. مشابه این خراش‌ها در برخی از آستروئیدهای کرتاسه پسین اروپا به ویژه مناطق شمال باختری آلمان نیز مشاهده و معرفی شده‌اند (Neumann 2000). این آثار در حقیقت خراش‌ها و حفراتی مربوط به اثر دندان و گازگرفتگی توسط موجودات شکارگر یا لاشه‌خوار بوده‌اند. مطالعات بسیاری که بر روی شاخه اکینودرم‌ها انجام شده است نیز نشان دهنده شکار اکینوئیدها (Gripp 1929; Zinsmeister 1980; Rose and Cross 1993; McNamara 1994) و کرینوئیدها (Meyer and Ausich 1983; Waters and Lane 1984; Maples 1991; Oji, 1996; Neumann and Kohring 1998) توسط شکارچیان بزرگتر است. با وجود این، فسیل‌های مربوط به آثار به جای مانده از حملات شکارگران به آستروئیدها کمتر مورد توجه فسیل شناسان قرار گرفته است. در میان گزارش‌های منتشر شده تنها می‌توان به مطالعات Rasmussen (1950)، Lehmann (1951)، Muller (1953)، Gale (1987a) و Neumann (2000) اشاره کرد.

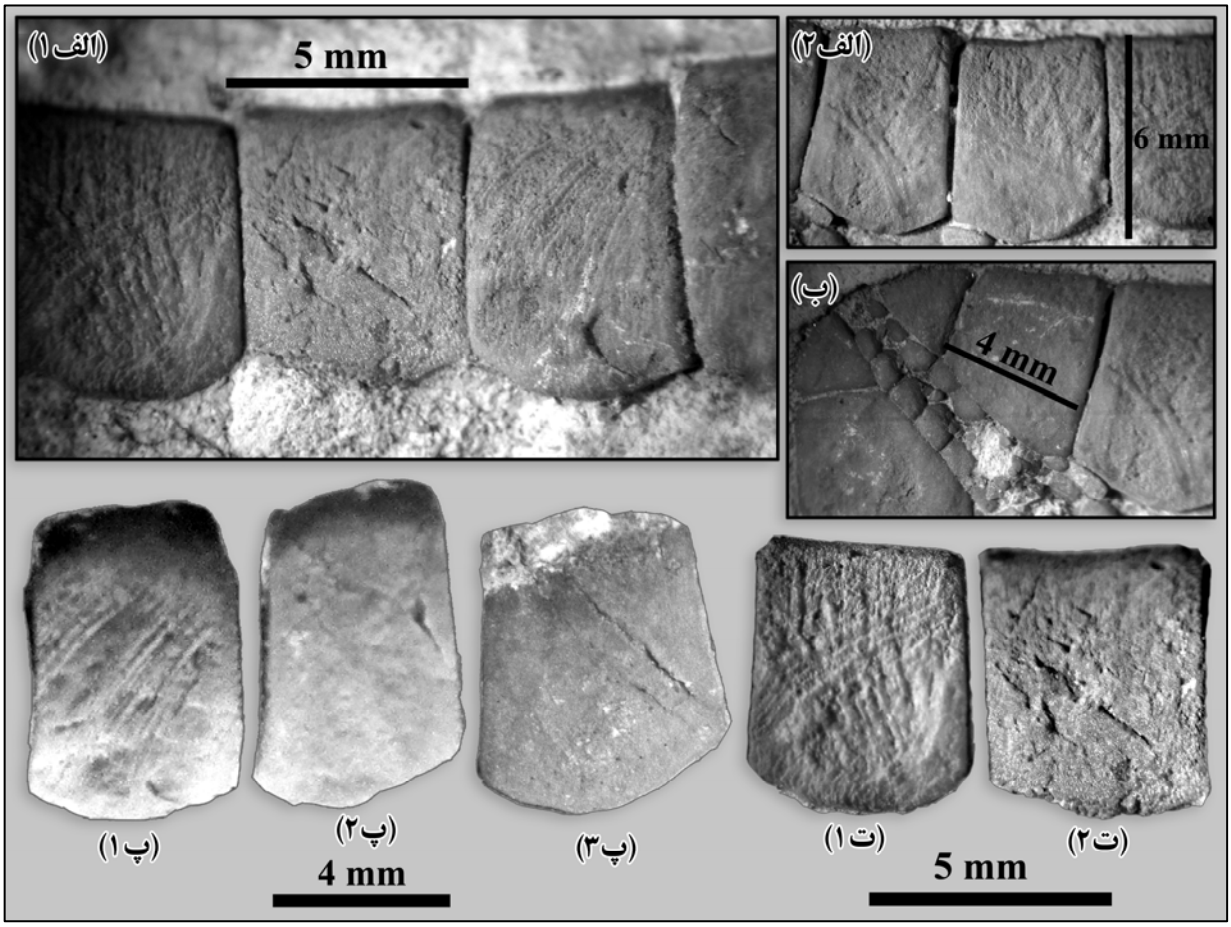
شواهد مربوط به شکار ستاره‌های دریایی در دوره‌های گذشته را می‌توان به دو صورت کلی مشاهده کرد. در حالت اول، می‌توان بقایای آنها را در میان پلوئیدهای مدفوعی بزرگ (کوپرولیت‌ها یا پلوئیدهای حاصل از قِی کردن) شکارچیان قدیمی یافت و در حالت دوم، می‌توان به جست‌وجوی آثار به جای مانده از گاز گرفتن‌های مهلک (Bite mark) جانوران شکارچی همچون ماهیها یاکوسه‌های شکارگر و لاشه‌خوار بر روی سطح اوسیکل‌ها پرداخت (Neumann 2000). در این حالت، اوسیکلهای مارژینال نشان دهنده خراش‌های طویلی هستند که سطح اوسیکل را فرا گرفته و بعضاً در هر دو سطح بالاییِ سوپرومارژینال (Abactinal) و سطح پایینیِ اینفرومارژینال (Actinal) دیده می‌شوند. این امر نشان دهنده قرار گرفتن آستروئید زنده اولیه در میان دندان‌های جانور شکارگر است. طول هر یک از این خراش‌ها گاهی تا بیش از ۵ میلی‌متر نیز می‌رسد. این خراشها به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند، ولی عموماً به موازات یکدیگر بوده، عمیق و گوه‌ای شکل می‌باشند. گاهی نیز خراش‌های مذکور نامنظم، پهن، کم عمق و سطحی هستند. در بسیاری از موارد، خراشهای سطحی اوسیکل‌ها تنوع بسیاری داشته و نشان دهندهٔ گاز گرفته شدن توسط شکارگران مختلفند(Neumann 2000). گاهی این خراش‌ها با ساییدگی‌های حاصل از فعالیت دندانهای لانترن اکینوئیدهای منظم مشابهند؛ هر چند ساییدگی‌های مذکور متعلق به فعالیت‌های لاشه‌خواری اکینوئیدها و پس از مرگ آستروئید اولیه بوده است. چنین ساییدگی‌هایی بر روی پوسته اکینوئیدهای نامنظم کرتاسه پسین و حتی دوکفه‌ای‌های اینوسرامید نیز دیده شده است (Bromley 1975؛ Voigt 1996). خراش‌های خوب حفظ شده نتیجه دور ماندن از فساد و متلاشی شدن سریع بوده و نشان دهنده سرعت رسوب‌گذاری نسبتاً بالا هستند در حالی که خراش‌های با حفظ شدگی ضعیف نشان دهندهٔ باقی ماندن آستروئید برای مدت طولانی در کف حوضه بوده و از سرعت پایین رسوب‌گذاری حکایت می‌کنند.

در نمونه به دست آمده از سازند آب‌دراز، زخم‌ها و خراش‌های متعددی با حفظ شدگی نسبتاً خوب بر روی اوسیکل‌های میانی سوپرومارژینال دیده می‌شود. این خراش‌ها همانند برخی نمونه‌های یافت شده از ناحیه شمال

باختر آلمان هر دو نوع حفرات طولی عمیق و گوه‌ای شکل و خراشیدگی‌های سطحی و کم عمق را شامل می‌شوند (شکل ۵). خراش‌های طولی عمیق غالباً به موازات یکدیگر بوده و طولی در حدود ۱/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر دارند. با توجه به این که طول، پهنا، عمق و شکل کلی خراش‌های موجود بر روی اوسیکل‌ها متنوع بوده و یک الگوی منفرد را دنبال نمی‌کنند، احتمالاً جانوران شکارچی یا لاشه‌خوار عامل نیز متعدد و بیش از یک فرد بوده‌اند.

شکارگران اصلی آستروئیدها که غالباً شامل ماهیان استخوانی، کوسه‌ها و خرچنگ‌ها بوده‌اند، در زمان کرتاسه پسین شکوفایی و گسترش چشمگیری داشته‌اند (Taylor 1981). فرم‌هایی از ماهیان Euteleostian نظیر جنس Enchodus را که از مهمترین شکارگران دریایی کرتاسه پسین بوده‌اند (Kriwet and Gloy 1995) می‌توان به عنوان یکی از مهمترین شکارچیان احتمالی ستاره‌های دریایی کرتاسه پسین دانست. مطالعات انجام شده بر روی شواهد شکار آستروئیدهای به دست آمده از سنگ آهک‌های گل سفیدی شمال آلمان نشان می‌دهد این موجودات یکی از منابع غذایی عمده برای شکارگران سخت‌خوار (Durophagus) بوده‌اند. این شکارچیان احتمالاً آستروئیدهای کوچکتر را برای شکار ترجیح می‌داده‌اند چرا که پلوئیدهای مدفوعی به دست آمده از آنها دربردارنده شمار زیادی از اوسیکل‌های ظریف و خرد شده آستروئیدهای کوچک هستند و اوسیکلهای درشت در آنها به ندرت دیده می‌شود. اندازه بزرگ مهمترین مزیّت آستروئیدهای درشت‌تر برای مقابله با شکارگران بوده است (Vermeij 1983). مطالعات (Breton 1997) نشان دهندهٔ روند افزایشی در ابعاد آستروئیدهای نسل – *M. parkinsoni* *M. hypertelicus* (تورونین ـ کامپانین) است. این امر احتمالاً واکنشی به افزایش میزان شکارگران در دریاهای کرتاسه پسین بوده است.

از دست دادن بازوها در ستاره‌های دریایی عهد حاضر یکی از مظاهر حملات مُهلک شکارگران دریایی به این موجودات است (Lawrence and Vasquez 1996). ستاره‌های دریایی قادر به بازتولید بازوهای از دست داده خود به هنگام حملات شکارگران هستند. رکوردهای فسیلی که از اُفیوریدها به دست آمده مؤید این مطلب است (Aronson 1987; Aronson et al. 1997)، اما تاکنون فسیلی که نشان دهندهٔ فرآیند بازتولید بازوها در میان آستروئیدهای کرتاسه باشد یافت نشده است. ضمناً امکان شناسایی جانور شکارگر از روی اثر دندان به جای مانده بر روی مارژینال آستروئیدها نیز تاکنون میسر نبوده و البته به درستی نمی‌توان تأیید کرد که زخم‌های موجود مربوط به شکارگران و پیش از مرگ آستروئید است یا ناشی از فعالیت لاشه‌خواران بوده و پس از مرگ آستروئید ایجاد شده است. گونهٔ *M. parkinsoni* به دست آمده از سازند آب‌دراز، تنها شامل ۳ بازو (دو بازوی کاملاً مشخص و یک بازوی پوشیده با رسوب) است. اثر مشخصی که نشان دهنده قطع دو بازوی دیگر جانور طی دوره حیات یا روندهای بیواستراتینومیکی پس از مرگ باشد بر روی این نمونه مشاهده نشده است؛ هرچند وجود خراش‌های متعدد ناشی از گاز گرفته شدن، احتمال قطع شدن دو بازوی دیگر توسط موجودات شکارچی یا لاشه‌خوار را رد نمی‌کند. با وجود تمام مباحث فوق هنوز دانسته‌های موجود در این زمینه اندک است و اطلاعات چینه شناسی و دیرینه زیست جغرافیایی بیشتری نیاز است تا بتوان الگوی واقعی برای حوادث منجر به مرگ و پس از مرگ آستروئیدها در زمان کرتاسه پسین ارائه داد.



شکل ۵ - تصاویری از دو نوع خراشهای عمقی و سطحی ناشی از گازگرفتن جانوران شکارچی و لاشه‌خوار بر روی گونه *M. parkinsoni* در سازند آب‌دراز؛ الف۱و۲) خراشهای عمقی و سطحی به جای مانده بر روی اوسیکلهای میانی سوپرومارژینال ؛ ب) خراشهای موجود در سطح اوسیکلهای اینفرومارژینال انتهایی، پ۱ــ ت۲) تصاویری از خراشهای عمقی موازی بر روی سطح چند اوسیکل اینفرومارژینال و سوپرومارژینال

نتیجه‌گیری

مطالعه انجام شده بر روی تنها فسیل آستروئید به دست آمده از سنگ آهک‌های گل سفیدی سازند آب‌دراز در برش پادها منجربه شناسایی گونه *M. parkinsoni* شده است. این گونه که برای اولین بار از نهشته‌های کرتاسه پسین ایران و قاره آسیا معرفی می‌شود، در مقایسه با بسیاری از فرم‌های مشابه اروپایی آستروئیدی کامل با سه بازوی مشخص بوده و آرایش و تزیینات سطحی مورد نیاز برای شناسایی و تفسیر در سطح گونه‌ای را به خوبی نشان می‌دهد. حضور این فسیل در دومین واحد سنگ آهک گل‌سفیدی سازند آب‌دراز که دربردارنده مرز کنیاسین ـ سانتونین بوده و معادل با سازند سیفورد در انگلستان است از نکات جالب توجه این مطالعه می‌باشد چرا که بیشترین فراوانی گونه *M. parkinsoni* در

حوضه انگلستان و فرانسه نیز در همین بازهٔ زمانی و لایه‌های رسوبی معادل آن است. این نمونه خاوری‌ترین فسیل یافت شده در حوضه تتیس پس از نمونهٔ معرفی شده توسط Ginda در ۱۹۶۹ از توالی‌های کرتاسه اوکراین است. بنابراین گزارش این فسیل در حوضه کپه‌داغ، گستره حضور و مهاجرت گونه *M. parkinsoni* را بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر به سوی مناطق خاوری حوضه تتیس افزایش می‌دهد. با وجود برخورداری از سه بازوی کامل و سالم، یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد نمونه مورد بحث وجود زخم‌ها و آثار خراش مانندی است که متعلق به فعالیت موجودات شکارگر یا لاشه‌خوار دریایی کرتاسه پسین بر روی بدن آستروئید بوده و طی حوادث تافونومیکی در کف حوضه ایجاد شده‌اند. این خراش‌ها با دو طرح کلی خراشهای طویل، عمیق و گوه‌ای شکل و خراش‌های کم عمق و سطحی دیده شده و احتمالاً بیانگر حملات جانوران مختلف به بدن آستروئید می‌باشند.

سپاس‌گزاری

نگارندگان این مقاله از خانم مهندس نفیسه هاشمیان از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر فراهم کردن امکان استفاده از دستگاه حمام اولتراسونیک قدردانی و تشکر می‌نمایند.

منابع

۱- افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳، زمین شناسی ایران، کپه داغ: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۶ ص.

۲- بلوری مقدم، م.، ۱۳۷۵، مقدمه‌ای بر بایواستراتیگرافی، میکروفاسیس و شرایط پالئوژئوگرافی سازند آب‌دراز بین شیروان و مقطع تیپ: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- خالقی خبازان، ف.، ۱۳۸۸، بررسی میکروبیواستراتیگرافی سازند آب‌دراز در شمال شرق مشهد بر مبنای فرامینیفرها: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

٤- شفیعی اردستانی، م.، ا.، قاسمی نژاد، ح.، وزیری مقدم، ۱۳۸۷، تعیین عمق دیرینه سازند آب‌دراز در برش الگو با استفاده از فرامینیفرهای پلانکتونیک و بنتیک: مجله علوم دانشگاه تهران، ۳۴ (۴)، ص ۵۶-۴۵.

٥- علامه، م.، ع. ا.، آریایی، ف.، مرادیان، ۱۳۸۶، پالینولوژی و محیط رسوبی سازند آب‌دراز در برش حمام قلعه: اولین کنگره زمین شناسی کاربردی ایران ـ دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.

٦- علامه، م.، ع.ا.، آریایی، ۱۳۸۰، بیواستراتیگرافی بخش فوقانی سازند آب‌دراز و کلیات سازند آب تلخ در بخش شرقی کپه‌داق: پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، تهران.

۷- فاتح بهاری، ل.، ۱۳۸۹، مطالعه شرایط رسوب-گذاری و پس از رسوب‌گذاری در دو برش حمام قلعه و پادها: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۸- فروغی، ف.، ع.، صادقی، ا.، شمیرانی، م.، وحیدی‌نیا، ۱۳۸۳، بازنگری سازند آب‌دراز در مقطع تیپ برمبنای فرامینیفرهای پلانکتونی: هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، شاهرود.

۹- وحدتی راد، م.، م.، وحیدی‌نیا، ۱۳۸۸، زیست چینه نگاری سازند آب‌دراز در برش حمام قلعه بر مبنای روزن‌داران و مقایسه آن با برش الگو: دوفصلنامه رخساره‌های رسوبی، ۲ (۲): ص ۲۱۶- ۲۰۴.

۱۰- وحیدی‌نیا، م.، ع. ا.، آریایی، ۱۳۷۷، نگرشی جدید بر سازند آب‌دراز در مناطق شرق حوضه کپه داغ: دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، مشهد.

۱۱- وحیدی‌نیا، م.، ع. ا.، آریایی، ۱۳۷۹، مطالعه خارپوستان سازند آب‌دراز در مناطق شرق حوضه کپه داغ: چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تبریز.

12- Aronson, R.B., 1987, Predation on fossil and recent ophiurids: Paleobiology, **v**. 13, p. 187-192.

13- Aronson, R.B., D.B., Blake, and T., Oji, 1997. Retrograde community structure in the late Eocene of Antarctica: Geology, **v**. 25, p. 903-906.

14- Blake, D.B., 1987, A classification and phylogeny of post-Palaeozoic sea stars (Asteroidea: Echinodermata): Journal of Natural History, **v.** 21, p. 481-528.

15- Breton, G., 1978, Les astérides du Crétacé de Normandie: Bulletin trimestriel de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre, **v.** 65, no.4, p. 5-87.

16- Breton, G., 1979. Les Astéries du Crétacé de Normandie: Bull. Soc. géol. Norm. Amis Mus. Havre, **v.** 65, p. 5-87.

17- Breton, G., 1981, *Metopaster meudonensis* Cottreau, 1937, astérie du Campanien terminal du Bassin de Paris: Bull. trim. Soc. Géol. Norm. Amis Mus. Havre, **v.** 67, p. 21-30.

18- Breton, G., 1985, Astérides, Colloque sur les étages Coniacien à Maastrichtien: Géologie Méditeranéenne, **v.** 10 no. 3-4, p. 429-430.

19- Breton, G., 1986, Découverte d'un juvénile de ? *Crateraster quinqueloba* (Goniasteridae, Stelleroidea) dans la craie campanienne du bassin de Paris: Bulletin trimestriel de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre, **v.** 73, no. 3, p. 29-32.

20- Breton, G., 1992, Les Goniasteridae (Asteroidea, Echinodermata) Jurassiques et Crétacés de France: taphonomie, systématique, paléobiogéographie, évolution: Bulletin trimestriel de la Société Géologique de Normandie et des Amis du Muséum du Havre, 78, hors série, 590 p.

21- Breton, G., 1997, Patterns and processes of heterochrony in Mesozoic goniasterid sea stars from France: Lethaia, **v.** 30, p. 135-144.

22- Bromley, R.G., 1975, Comparative analysis of recent echinoid bioerosion: Palaeontology, **v.** 18, p. 725-739.

23- Brünnich Nielsen, K., 1943, The asteroids of the Senonian and Danian deposits of Denmark: Biol. Skr. danske Vidensk. Selsk., **v.** 2, no. 5, p. 3-68.

24- Cottreau, J., 1937, Un Stelléride de la craie de Meudon (S.-et-O.): C.R. somm. Séances Soc. Géol. *Fr.,* **v.** 7: p. 78-79.

25- Forbes, E., 1841, A history of British starfishes and other animals of the class Echinodermata: John van Voorst, 267 pp.

26- Forbes, E., 1848, On the Asteriadae found fossil in British strata: Mem. Geol. Surv. Gr. Br., **v.** 2, no. 2, p. 457-482

27- Fourtau, R., 1914, Catalogue des Invertebres fossils de l'Egypte, Terrains Cretaces 1re Partie. Echinoderms: Ministry of Finance, Egypt, Cairo. 109 p.

28- Gale, A.S., 1987a, Goniasteridae (Asteroidea, Echinodermata) from the Late Cretaceous of north-west Europe. 1. Introduction. The genera Metopaster and Recurvaster: Mesozoic Res., **v.** I, p. 1-69.

29- Gale, A.S., 1987b, Phylogeny and classification of the Asteroidea (Echinodermata): Zool. Journ. Linn. Soc., **v.** 89, p. 107-32.

30- Gale, A.S., 1989, Migration and evolution in Late Cretaceous Goniasteridae (Asteroidea, Echinodermata) from north-west Europe: Proc. Geol. Ass., **v.** 100, no. 3, p. 281-291.

31- Ginda, V.A., 1969, Crinoidea and Asteroidea from the Late Cretaceous of the Volhynie-Podolie plateau: Paleontologiceskij Sbornik, **v.** 6, p. 52-54 (in Russian).

32- Goldring, R., and D.G., Stephenson, 1972, The depositional environment of three Starfish Beds: Neues. Jb. Ceol. Palaont Mh., **v.** 10, p. 611-24.

33- Gripp, K., 1929, Uber Verletzungen an Seeigeln aus der Kreide Norddeutschlands: Palaont-ontologische Zeitschrift, **v.** 11, p. 238-245.

34- Helm, C., 1997, Seesterne (Asteroidea) aus dem Campan von Hannover (Misburg, Höver): Arbeitskreis Paläontologie Hannover, **v.** 4, p. 93-119.

35- Jagt, J.W.M., 2000, Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 5: Asteroidea: Scripta Geologica, **v.** 121, p. 377-503.

36- Kriwet, J., and U., Gloy, 1995, Zwei mesopelagische Raubfische (Actinopterygii: Euteleostei) aus dem Unterturon der Kronsberg-Mulde bei Hannover (NW-Deutschland): Berliner geowissen-schaftliche Abhandlungen. **v.** E16, p. 335-355.

37- Kühndahl, K., 2004, Ein neuer Metopaster-Fund aus dem unteren Unter-Campan der Lägerdorfer Schreibkreide: *Arbeitskreis Paläontologie*, **v.** 32, p. 114-118.

38- Lane, G.N., 1984, Predation and survival among inadunate crinoids: Paleobiology, **v.** 10 p. 453-458.

39- Lawrence, J.M., and J., Vasquez, 1996, The effect of sublethal predation on the biology of echinoderms: Oceanologica Acta, **v.** 19, p. 431-440.

40- Lehmann, W.M., 1951, Anomalien und Regeneration-serscheinungen an palaozois-chen Asterozoen: Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie (Abhandlungen), **v.** 93: p. 401-416.

41- Lewis D.N., 1993, Catalogue of the type and figured specimens of fossils Asteroidea and Ophiuroidea in the Natural History Museum: Bulletin of the Natural History Museum, Geology Series, **v.** 49, p. 47-80.

42- McNamara, K.J., 1994, The significance of gastropod predation patterns of evolution and extinction in Australian Tertiary echinoids. *In:* David, B., Guille, A., Feral, J.P., and Roux, M., (Eds.): Echinoderms through Time (Echinoderms Dijon): Balkema, Rotterdam: p. 785-793.

43- Mercier, J., 1935, Les Stellérides Mésozoïques du Bassin de Paris (Bordure Occidentale): Mém. Soc. linn. Normandie, n.s., **v.** 3, p. 1-66.

44- Meyer, D.L., and W.I., Ausich, 1983, Biotic interactions among recent and among fossil crinoids. In: Tevesz, M.J., and McCall, S.L., (Eds.): Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities: Plenum Press, New York: p. 377-427.

45- Moore, R.C., (Ed.), 1975, Treatise on invertebrate paleontology. Part U, Echinodermata: Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, **v.** 3, no. 1, p. U4-U107.

46- Muller, A.H., 1953, Die isolierten Skelettelemente der Asteroidea (Asterozoa) aus der obersenonen Schreibkreide von Rugen: Beihefte zur Zeitschrift fuur Geologie **v.** 8, p. 1-66.

47- Neumann, C., 2000, Evidence of predation on Cretaceous sea stars from northwest Germany: Lethaia, **v.** 33, p. 65-70.

48- Neumann, C., and R., Kohring, 1998, Rauber und Beute im Kreidemeer: Fossilien, **v.** 3, p. 175-180.

49- Oji, T., 1996, Is predation intensity reduced with increasing depth? Evidence from the West Atlantic stalked crinoid Endoxocrinus parrae (Gervais) and implications for the Mesozoic marine revolution: Paleobiology, **v.** 22, p. 339-351.

50- Perrier, E., 1884, Memoire sur les etoiles de mer recueillies dans la Mer des Antilles et la Golfe de Mexique: Nouvelle Archives du Museum d'Historie naturelle, **v.** 2, p. 127-276.

51- Rasmussen, H.W., 1950, Cretaceous Asteroidea and Ophiuroidea with a special reference to the species found in Denmark: Danmarks Geologiske Undersogelse, **v.** 77, no. 2, p. 1-134.

52- Rose, E.P.F., and N.E., Cross, 1993, The Chalk sea-urchin Micraster: microevolution, adaption and predation: Geology Today, Sept. - Oct. 1993, p. 179-186.

53- Schulz, M.G., and W., Weitschat, 1981, Phylogenie und Stratigraphie der Asteroideen der norddeutschen Schreikreide. Teil 2: Crateraster/Teichaster-Gruppe und Gattung Ophryaster: Mitteilungen aus dem geologisch Paläontologischen Institut der Universität Hamburg, **v.** 51, p. 27-42.

54- Sladen, W.P., 1891, A monograph on the British fossil Echinodermata from the Cretaceous Formations, 2. The Asteroidea and Ophiuroidea: Monogr. Palaeontogr. Soc. Lond., 1891, p. 1-28.

55- Sladen, W.P., 1893, A monograph on the British fossil Echinodermata from the Cretaceous Formations, 2. The Asteroidea and Ophiuroidea: Monogr. Palaeontogr. Soc. Lond., 1893, p. 29-66.

56- Smith, A.B., 2002, Fossils of the Chalk: Wiley, 2 edition, 374 p.

57- Smith, A.B., C.R.C., Paul, A.S., Gale, and S.K., Donovan, 1988, Cenomanian and lower Turonian echinoderms from Wilmington, south-east England: Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology, **v.** 42, p. 241.

58- Spencer, W.K., 1907, A Monograph on the British fossil Echinodermata from the Cretaceous Formations. 2. The Asteroidea and Ophiuroidea. Part 4, Monogr. Palaeontogr. Soc. Lond., p. 91-132.

59- Spencer, W.K., and C.W., Wright, 1966, Asterozoans. *In*: Moore, R.C., (Ed.), Treatise on invertebrate paleontology. Part U, Echinodermata: Geological Society of America and University of Kansas Press, Lawrence, **v.** 3, no. 1, p. U4-U107.

60- Taylor, J.D., 1981, The evolution of predators in the late Cretaceous and their ecological significance. In: Forey, P.L., (Ed.), The Evolving Biosphere: Cambridge University Press, p. 229-240.

61- Vermeij, G.J. 1983, Shell-breaking predation through time. *In*: Tevesz, M.J.S., and Gall, P.L., (Eds.), Biotic Interactions in Recent and Fossil Communities: Plenum Press, p. 649-669.

62- Villier, L., 1995, Les Goniasteridae (Asteroidea, Echinodermata) du Sénonien nord-Aquitain: taphonomie, systématique, biostratigraphie, paléobiogéographie et évolution: Diplôme d'Etudes Pratiques Scientifiques de l'Université de Poitiers, 154 p. (unpublished).

63- Villier, L., 1996, Les Goniasteridae (Asteroidea, Echinodermata) du Campanien d'Aquitaine; ontogenèse, évolution et paléoécologie: Univ. de Bourgogne, Dijon, p. 1-50.

64- Villier, L., 2001, Systématique des astérides (Asteroidea, Echinodermata) de Tercis-les-Bains (Landes, France). Odin, G.S. (Ed.), The Campanian-Maastrichtian stage boundary: characterisation at Tercis-les-Bains (France) and correlation with Europe and other continents: Developments in Palaeontology and Stratigraphy, Elsevier, **v.** 19, p. 582-611.

65- Villier, L., and G.S., Odin, 2001, Stratigraphie et écologie des astérides (Asteroidea, Echinodermata) du Campanien-Maastrichtien de Tercis-les-Bains (Landes, France). *In*: Odin, G.S. (Ed.), The Campanian-Maastrichtian stage boundary: characterisation at Tercis-les-Bains (France) and correlation with Europe and other continents: Developments in Palaeontology and Stratigraphy, Elsevier, **v.** 19, p. 568-581.

66- Villier, L., G., Breton, and D., Néraudeau, 1997, Contexte paléoécologique, biodiversité et signification biostratigraphique des astérides dans le Campanien stratotypique: Ann. Soc. Géol. Nord, **v.** 5, p. 181-188.

67- Villier, L., M., Kutscher, and C.L., Mah, 2004, Systematics and palaeoecology of middle Toarcian Asteroidea (Echinodermata) from the Seuil du Poitou, Western France: Geobios, **v.** 37, no. 6, p. 807-825.

68- Voigt, E., 1996, Submarine Aragonit-Losung am Boden des Schreibkreide-Meeres: Mitteilu-ngen aus dem Geologisch-Palaontologischen Institut der Universitat Hamburg, **v.** 77, p. 577-601.

69- Waters, J.A., and C.G., Maples, 1991, Mississippian pelmatozoan community reorganization: a predation-mediated faunal change: Paleobiology, **v.** 17, p. 400-410.

70- Wright, C.W., and E.V., Wright, 1940, Note on the Cretaceous Asteroidea: Quarterly Journal of the Geological Society of London, **v.** 96, no. 2, p. 231-248.

71- Zinsmeister, W.J., 1980, Observations on predation of the clypeasteroid echinoid Monophoraster darwini, from the Upper Miocene Enterrios Formation, Patagonia, Argentina: Journal of Paleontology, **v.** 54, p. 910-912.